

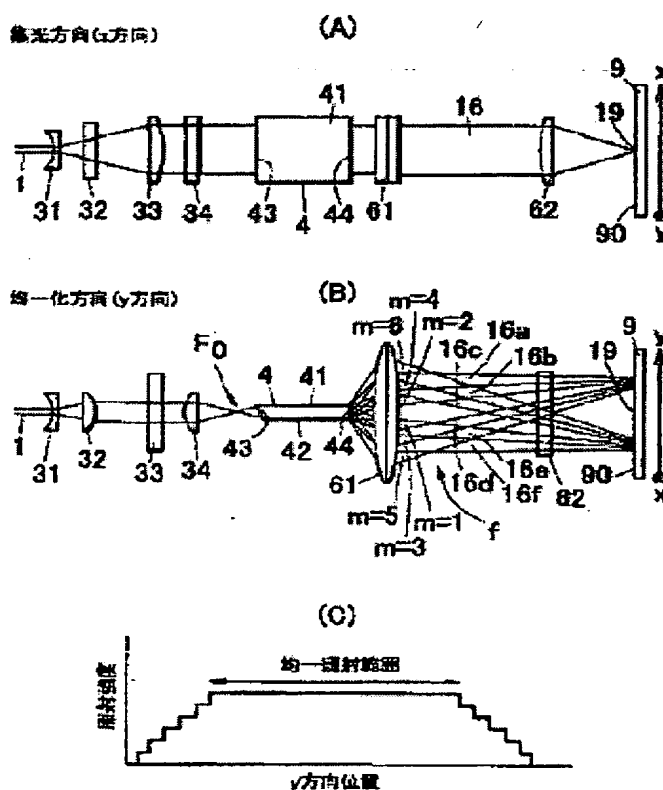
**OPTICAL SYSTEM FOR UNIFORMLY IRRADIATING LASER BEAM**

**Patent number:** JP2003287704  
**Publication date:** 2003-10-10  
**Inventor:** OKAMOTO TATSUKI; MORIKAWA KAZUTOSHI; SATO YUKIO; NISHIMAE JUNICHI; OGAWA TETSUYA  
**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP; SHIMADA PHYSICAL CHEM IND CO  
**Classification:**  
- international: **G02B27/00; G02B27/09; G02B27/28; H01L21/268; H01S3/10; G02B27/00; G02B27/09; G02B27/28; H01L21/02; H01S3/10; (IPC1-7): G02B27/00; G02B27/09**  
- european:  
**Application number:** JP20020091454 20020328  
**Priority number(s):** JP20020091454 20020328

Report a data error here

**Abstract of JP2003287704**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical system for forming an irradiation beam which brings about uniform intensity distribution on a face to be irradiated by superposing split beams obtained by splitting a laser beam while reducing an interference between the beams.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-287704

(P 2 0 0 3 - 2 8 7 7 0 4 A)

(43) 公開日 平成15年10月10日 (2003. 10. 10)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

G02B 27/00

27/09

識別記号

F I

G02B 27/00

テマコード (参考)

V

E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願2002-91454 (P 2002-91454)

(22) 出願日 平成14年3月28日 (2002. 3. 28)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71) 出願人 000219004

島田理化工業株式会社

東京都調布市柴崎2丁目1番地3

(72) 発明者 岡本 達樹

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

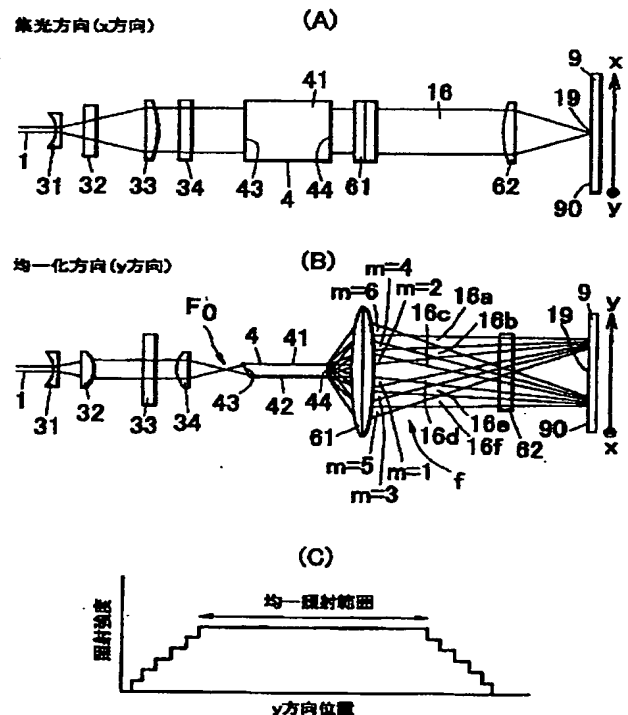
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザビーム均一照射光学系

(57) 【要約】

【課題】 レーザビームを分割した分割ビームを重ね合わせて照射面上に均一な強度分布を備えた照射ビームを、ビーム間の干渉を軽減して形成する光学系を提供する。

【解決手段】 レーザ光源からのレーザビームをビーム断面において空間的に分割ビームに分割するレーザビーム分割手段として導波路又は分割用のシリンドリカルレンズアレイと、分割ビームを照射面上で重ね合わせて照射する重ね合せ用のレンズと、から成り、上記の導波路が、上記の分割ビーム幅をレーザビーム断面における断面方向の空間的可干渉距離の1/2倍以上として、重ね合せ照射手段が、各分割レーザビームを照射面上で互いにずらして転写して照射ビームを形成する。レーザビーム分割手段と重ね合せ用のレンズとの間に、遅延板を挿入し、互いに隣接する隣接分割ビームの一方を他方に対して時間的可干渉距離よりも長く遅延させ、分割ビームの照射面上での干渉を軽減する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光源からのレーザビームをビーム断面において空間的に分割ビームに分割するレーザビーム分割手段と、分割ビームを照射面上で重ね合わせて照射する重ね合せ照射手段と、から成るレーザビーム均一照射光学系であって、

上記のレーザビーム分割手段が、上記の分割ビーム幅をレーザビーム断面における断面方向の空間的可干渉距離の $1/2$ 倍以上であり、

重ね合せ照射手段が、各分割レーザビームを照射面上で互いにずらして転写して照射ビームを形成することを特徴とするレーザビーム均一照射光学系。

【請求項2】 上記のビーム分割幅が、空間的可干渉距離の $1/\sqrt{2}$ 倍以上である請求項1に記載の光学系。

【請求項3】 上記のビーム分割幅が、空間的可干渉距離の1倍以上である請求項1に記載の光学系。

【請求項4】 上記のレーザビーム分割手段が、互いに対向する反射面を有する一次元方向の導波路である請求項1ないし3いずれかに記載の光学系。

【請求項5】 上記のレーザビーム分割手段が、レーザビームを一次元的に分割する分割用のシリンドリカルレンズアレイである請求項1ないし3いずれかに記載の光学系。

【請求項6】 上記の光学系が、さらに、照射面上のビーム強度を均一にする均一化手段を含む請求項1ないし5に記載の光学系。

【請求項7】 上記の均一化手段が、上記の分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して時間的可干渉距離よりも長く遅延させる光学的遅延手段を含むことを特徴とする請求項6に記載の光学系。

【請求項8】 上記の均一化手段が、上記の分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して偏光方向を実質的に直交させる偏光手段を含む請求項6に記載の光学系。

【請求項9】 レーザ源が、固体レーザ又は半導体レーザの基本波若しくは高調波である請求項1ないし8に記載の光学系。

【請求項10】 照射面が、基板上に形成された非晶質若しくは多結晶質の半導体膜であり、上記光学系が半導体膜アニーリング用光学系である請求項1ないし9いずれかに記載の光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、被照射物のレーザ処理に際して照射面における照射レーザビームの均質性を改善したレーザビーム均一照射用の光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザ照射により加熱処理をする例として、多結晶ケイ素膜の製造に際して、予め、適当な基板、例えばガラス基板の上にCVDなどの気相形成法に

より非晶質のケイ素膜を被着形成しておき、この非晶質ケイ素膜を、レーザビームで走査して、多結晶化する方法が知られている。

【0003】 ケイ素膜の多結晶化方法では、例えば、レーザ光源からのレーザビームをレンズにより非晶質ケイ素膜上に集光してレーザ照射をし、照射の際にケイ素膜を走査させて、熔融凝固の過程で、結晶化させるものがある。このレーザビームは、照射位置でのビームの軸方向強度プロファイルがレーザ源にプロファイルに依存して、通常は、軸対称のガウス分布である。このようなビームの照射により成形した多結晶ケイ素膜は、結晶性の面方向への均一性が非常に低く、これを半導体基板として薄膜トランジスタを製造に使用するのは困難であった。

【0004】 さらに、波長の短いエキシマレーザを用いて、照射ビームのプロファイルを矩形状の分布にして半導体膜に照射加熱する技術が知られている。例えば、特開平11-16851及び同10-333077公報には、発振器からのレーザビームを、光軸に垂直な面内で互いに交叉する2つのシリンドリカルレンズダアレイを通して、その前方に収束レンズを通して、半導体膜表面に収束させるものであった。この方法は、ガウス分布を採るレーザビームを、2つのシリンドリカルレンズアレイにより、直交する2方向で均一な強度分布にするものであり、半導体膜表面での照射レーザビームは、半導体表面上で、直交する2方向で異なった幅となっており、照射レーザビームを掃引移動することにより、半導体膜上に一定幅の多結晶帯域を繰り返し成形するものであった。

【0005】 レーザ光源からのレーザビームをこのようなシリンドリカルレンズアレイにより分割し、さらに照射面で合成すると、照射面でレーザ光の干渉が生じて、強度の高低の縞模様になる。このような照射面における重ね合わせたビームに生じる干渉は、長形状の照射レーザビームを使用して半導体膜の加熱結晶化する場合、レーザビームの移動方向の強度プロファイルが結晶成長に大きく影響するので、ケイ素膜の結晶粒に大きく成長させるには好ましくない。

【0006】 この干渉による照射レーザ強度の不均一性を除く方法が提案されており、特開2001-127003には、光源からビームをコリメータにより平行光にして、段階状の反射面を有するミラーに照射し、ミラーにより分割したビームを合成するシリンドリカルレンズアレイと収束用のシリンドリカルレンズとにより照射する構成の光学系を開示している。これは、分割したビームに各反射面間の段差によって、レーザビームのコヒーレント長さ以上の光路差を設けて、照射面における分割ビーム間の干渉を防止するものである。

【0007】 また、特開2001-244213公報は、光源からのレーザビームをビームコリメータにより平行光にして、小さな複数の反射鏡に照射し、各反射鏡

からの反射光を照射面に照射して重ね合わせるもので、各平面鏡を反射するレーザビームの光路差をコヒーレント長さ以上確保することにより、同様に、干渉を防止するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のビーム均一化の技術は、同一の光源からのレーザビームを分割して、照射面で重ね合わせる際の干渉を、複数の反射面を有する反射鏡を利用して光路差を設けて、防止するのであるが、これらの光学系は、特殊な反射鏡を必要としていた。特に、特開 2001-244213 の光学系は、反射鏡による光学系の光軸を曲げる配置が必要であり、さらに、光学系の各反射鏡は、多数の分割ビームに対応して照射面に対して正確に特定の位置関係を満たすように配置する必要がある、反射鏡の配置が複雑となり、熱処理装置として配置すべき光学系の自由度が低くなる問題があった。特に、全ての分割ビームに光路差を設けるのは、時間的可干渉距離の大きいレーザ発振源に対しては、装置が大きく且つ複雑になり、現実的でなく、且つ、光学的調整が困難であった。

【0009】本発明は、上記の問題に鑑み、一般に、レーザビームを分割した分割ビームを重ね合わせて照射面上に均一な強度分布を備えた照射ビームを形成する光学系において、重ね合わせによる分割ビーム間の干渉を防止して、照射ビームの一層の均一化を図ることのできるレーザビーム均一照射光学系を提供するものである。本発明は、このような干渉を防止して照射ビームの均一化をするための構成と調製とが簡単で容易な均一照射光学系を提供しようとするものである。さらに、本発明は、特に、被照射物として非晶質ケイ素膜に適用してその多結晶化をするためのレーザ加熱装置に適用して、結晶面域に亘って格子欠陥の少ない多結晶ケイ素膜を製造可能にする光学系を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザビーム均一照射光学系は、レーザ光源からのレーザビームをビーム断面において空間的に分割ビームに分割するレーザビーム分割手段と、分割ビームを照射面上で重ね合わせて照射する重ね合せ照射手段と、から成るレーザビーム均一照射光学系であって、上記のレーザビーム分割手段が、上記の分割ビーム幅をレーザビーム断面における断面方向の空間的可干渉距離の  $1/2$  倍以上として、重ね合せ照射手段が、各分割レーザビームを照射面上で互いにずらして転写して照射ビームを形成するものである。

【0011】本明細書において、ビームの分割幅は、レーザビーム分割手段の出射端における分割ビームの幅により規定され、このとき、空間的可干渉距離は、光源からのレーザビームが当該出射端の位置に投射された時の断面内における空間的可干渉距離を言う。この空間的可干渉距離は、レーザビームが二つに分岐され、その後

照射面上で、再び重ね合わせた時に生じる干渉が、後述のビジビリティが  $1/e$  となる時の 2 つのビームの最小の重なり距離を言う。

【0012】分割ビーム幅の上限は、レーザビームを分割する分割数により決まるが、分割数は、少なくとも 5 であり、好ましくは、5~7 の範囲である。分割数が大きいくほど、照射レーザビームの強度の平坦化に有効ではあるが、分割数を大きくして、上記分割ビーム幅が、空間的可干渉距離に対する比  $1/2$  未満になるのは好ましくない。実用的な、分割数は、5~7 が利用され、分割ビーム幅を空間的可干渉距離に対して 1 倍以上に設定する。

【0013】本発明は、好ましくは、上記のビーム分割幅が、空間的可干渉距離の  $1/\sqrt{2}$  倍以上とし、さらに好ましくは、空間的可干渉距離の 1 倍以上とするものである。

【0014】上記のレーザビーム分割手段には、互いに対向する反射面を有する一次元方向の導波路を利用することができる。さらに別のレーザビーム分割手段には、レーザビームを一次元的に分割する分割用のシリンドリカルレンズアレイを利用できる。

【0015】上記の光学系は、さらに、照射面上のビーム強度を均一にする均一化手段を含むものが好ましい。均一化手段には、上記レーザビーム分割手段により分割したビームが互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して時間的可干渉距離よりも長く遅延させる光学的遅延手段を含む。これにより、隣接ビーム間の照射面での干渉を軽減して、照射面上の照射ビームの強度を均一化することができる。

【0016】別の均一化手段として、上記の分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して偏光方向を実質的に直交させる偏光手段を含む。互いに隣接する分割ビームは、異なった偏光角度を有するので分割ビーム間の照射面での干渉を防止し、照射面上の照射ビームの強度を均一化することができる。

【0017】このレーザビーム均一照射光学系は、上記の均一化手段が、上記の分割したビームの互いに隣接する隣接分割ビームの一方を他方に対して時間的可干渉距離よりも長く遅延させる光学的遅延手段を含み、互いに隣接した分割ビーム間の照射面上での干渉を防止して、照射強度分布を均一化するものである。そして、レーザビームの断面方向の空間的可干渉距離の要素と、光軸方向の時間的可干渉距離の要素とを両方とも低減することにより、照射強度分布は、極めて、均一にすることができるのである。

【0018】本発明の光学系は、レーザ源が、固体レーザ又は半導体レーザの基本波若しくは高調波が利用される。そして、基板上に形成された非晶質若しくは多結晶質の半導体膜を照射面にして、上記分割ビームを照射して半導体膜をアニーリングする用途に好適に利用され

る。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 本発明の実施の形態において、レーザビーム均一照射光学系を示すが、この光学系は、照射面上にy方向に均一な分布で広がり、x方向に線状に収束した直線状の照射プロファイルを形成する。光学系は、レーザビーム分割手段と、重ね合せ照射手段と、を含み、レーザビーム分割手段には導波路を利用して、レーザビームを所望数の分割ビームに分割し、分割ビームを重ね合せ照射手段により照射面状に直線状のプロファイルに結像する。

【0020】この実施形態においては、重ね合せ照射手段が、レーザビーム分割手段からの分割ビームを、照射面上に互いにずらして照射し、これにより、照射面上での分割ビーム相互の干渉を防止して、照射ビームの均一化を図るものである。

#### 【0021】この実施形態では、図1(A)と図1

(B)には、レーザビーム分割手段は、レーザ発振器からのレーザビーム1を導波路4内に入射するための光学系を含み、平行ビームにするためのビーム拡大レンズ31とy方向コリメートレンズ32とx方向コリメートレンズ33を含み、次いでy方向に集光して、導波路4内に入射させるシリンドリカルレンズの集光レンズ34を含む。

【0022】導波路4は、互いに対向する平行な主表面が反射面41、42を有し、反射面41、42は、この図では、y方向に垂直である。入射面43から入射したレーザビームは、反射面で反射せずに通過する成分と、反射面で反射する成分とに分離され、反射する成分もまた、1回だけ反射、2回反射、ないし3回反射する分割ビームに分離される。

【0023】導波路4からの分割ビームは、重ね合せ照射手段6により、照射面90上に重ね合わせて投影されるが、重ね合せ照射手段6は、分割ビームを照射面上にy方向に転写するy方向の転写レンズ61(シリンドリカルレンズ)と、x方向に集光する集光レンズ62(シリンドリカルレンズ)から構成することができる。y方向転写レンズ61は、x方向集光レンズ62を通して、照射面90上にy方向に規定の長さに延ばし、x方向集光レンズ62が、x方向に線状に収束させ、これにより、照射面上には直線状プロファイルの照射ビーム19が得られる。

【0024】図1の例は、導波路4を反射面41、42が平行なガラス板を用いて、入射面43が、反射面41、42に直交せずにも斜交しており、斜交した入射面を光軸が反射面41、42に平行なレーザビームが入射し、その入射光が、入射面で屈折して、レーザビームは、平行な反射面に対して非対称に入り、その結果、1回反射( $m=1$ )の分割ビーム、2回反射、3回反射ないしは6回、それぞれ反射した分割ビームに分解され

る。ここでは反射しないで通過する分割ビームを生じない。

【0025】これら6つの分解ビームがy方向転写レンズ61にとx方向集光レンズ62とを経て、照射面90に照射されるが、y方向転写レンズ61が、分解ビームを照射面上にy方向に広幅に転写し、x方向集光レンズ62がx方向に集光して、線状のプロファイルの照射ビームを形成する。

【0026】図2は、導波路4によるレーザビームの分割の態様を示すが、図2(A)は、集光レンズ34から出射面44を含む面に投影した仮想のレーザビーム14に対して、導波路4により分割した分割ビームの関係を示している。これは、円形プロファイルのレーザビーム14を、導波路により8分割する例である。導波路4内に入射させるシリンドリカルレンズの集光レンズ34のビームの周辺成分①が、導波路4の斜交した入射面に入射して、反射面で1回反射して出射面から放出され、集光レンズ34からの他のビーム成分②③④が、それぞれ2回反射、3回反射、4回反射され、他の成分がさらに多数回反射されて、出射面から放射されるように、設定される。

【0027】図2(B)は、導波路44内で上記の如く分割されて出射面で重ねられた分割ビームの重畳を示している。この図では、レーザビーム14を分割した分割ビームが互いに隣接する成分間で照射面上で干渉しやすいが、分割幅dが、レーザビーム14による空間的可干渉距離sの $1/2$ 以上とすることにより、照射面上の干渉を低減することができる。

【0028】本発明においては、照射面上の重ね合わせによる干渉の程度は、分割幅dとその位置でのレーザビーム空間的可干渉距離sとの比に依存する。ここに、空間的可干渉距離sは、レーザビームのビーム断面における強度分布がガウス分布を保存するとしたとき、図3に模式的に示すように、ビーム直径Dを強度が光軸強度の $1/e^2$ (ここにeは自然数の底)になる時の円( $1/e^2$ 円)の径Dであると規定し、単一のレーザビームを2つに分岐し照射面上で光軸を共通にして干渉させた状態から、光軸を互いにずらしてオーバーラップした照射領域に干渉縞のビジビリティが $1/e$ に低減した時の双方の $1/e^2$ 円の中心間距離と定義される。また、ビジビリティとは、干渉した強度分布の最高強度と最低強度の差を最高強度と最低強度との和で除した値であり、干渉の程度を示す尺度である。

【0029】レーザビームの分割幅dを、 $d=s/2$ としたとき、互いに隣り合う分割ビームの互いに近接する領域の照射ビームの重なり部ではビジビリティは1に近く、離れた領域の照射ビームの重なり部ではビジビリティは $1/e$ となる。その中間領域では、1から $1/e$ に漸減する。好ましい実施形態では、分割幅dは、 $d=s/2$ 以上であり、この場合の離れた領域の照射ビームの

重なり部ではビジビリティは、 $1/e$ 以下に低減する。

【0030】図4は、導波路からの分割ビーム2成分だけ、例えば、成分ビーム成分③と④からの分割ビームを、y方向転写レンズ61とx方向集光レンズ62などを介して、照射面90上に重ね合わせて照射した時の照射面上での強度分布図の例を示すが、元のレーザビーム上で互いに隣接する分割ビーム境界部IIIとIII'では大きく干渉しあうが、同様にものレーザビーム上で互いに離れた分割ビーム境界部IVとii'とでは、干渉のよる強度分布の変動が小さい。この図4で、横軸には、分割幅dを取り、縦軸に相対的ビーム強度を取っている。但し、図4は、レーザビームの強度分布をガウス分布に近似させ、分割幅dが、空間的可干渉距離sと等しい場合である。

【0031】図5は、分割幅dを空間的可干渉距離sに等しく設定した場合( $d=s$ )に、8つの分割ビーム全部をy方向転写レンズ61とx方向集光レンズ62により照射面上で正確に重ね合わせて合成した照射ビームのy方向の強度分布を示すが、照射ビームには全体的には干渉縞が軽減されるのであるが、照射ビームのy方向の両端側には、中央部に比較して、比較的大きな干渉による強度の波が現れる。

【0032】この実施形態では、図1のように、導波路4の前方に配置した転写レンズの収差を利用して、照射面上で各分割ビームを相互にわずかにy方向にずらして照射するものであり、これにより、図1(C)に示すように、合成した照射ビーム19の両端部の重なりをずらしてその強度分布を段階状にし、大きな干渉を軽減し、均一照射範囲では、干渉の少ない強度均一な照射ビームを得ることができる。

【0033】実施の形態2. この実施の形態は、レーザビーム分割手段に、分割用のシリンドリカルレンズアレイを利用して、互いにはほぼ平行に分離した多数の分割ビームを得て、これら分割ビームを重ね合せ照射手段により、照射面上に重ね合わせて投影される。重ね合せ照射手段は、分割ビームを照射面上にy方向に転写するy方向の転写用のシリンドリカルレンズアレイと、x方向に集光するx方向集光レンズ(シリンドリカルレンズ)から構成する。y方向の転写用シリンドリカルレンズアレイは、x方向集光レンズを通して、照射面上にy方向に規定の長さに延ばし、x方向集光レンズが、x方向に線状に収束させ、これにより、照射面上には直線状プロファイルの照射ビームが得られる。

【0034】この実施形態は、図6(A)と図6(B)に示すように、レーザビームを拡大するビーム拡大レンズ31とy方向コリメートレンズ32とx方向コリメートレンズ33を含み、平行ビームを分割用のシリンドリカルレンズアレイ5に入射させる。シリンドリカルレンズアレイ5により分割したビーム15a~15eは、転写用のシリンドリカルレンズアレイ51とy方向フィー

ルドレンズ(シリンドリカルレンズ)63とx方向集光レンズ62とを通して、照射面にy方向に延びた線状のプロファイルの照射ビーム19を得る。そして、このフィールドレンズを調節して、レーザビーム分割手段からの分割ビームを、照射面上に互いにずらして照射するように調節し、これにより、照射面上での分割ビーム相互の干渉を防止して、照射ビームの均一化を図るものである。

【0035】分割用シリンドリカルレンズアレイにおいては、図7は、シリンドリカルレンズアレイ5におけるレーザビームの分割の態様を示すものであるが、各微小シリンドリカルレンズで分割されたビームは、先の導波路による分割と異なって、図7(B)に示すように、出射面44での重ね合わせの際に、折り返しがなくて、単に重畳されるだけであり、従って、2つの隣接する分割ビームの重ね合わせでも、照射面での合成後の強度分布は、図8に示すように、y方向にわたって干渉に差異がない。この図8は、分割幅dを、上述の空間的可干渉距離sと等しいおいた時の強度分布がy方向で一定で、そのビジビリティが、 $1/e$ で一定であることを示している。図9は、上記の7分割した分割ビームについて、分割幅dを $d=s$ として、照射面上で重ね合わせた時の強度分布を示すが、y方向で、かなり良い分布を示す。

【0036】この実施形態では、転写用のシリンドリカルレンズアレイ51と集光レンズ62との間に、フィールドレンズ63を挿入して、フィールドレンズ63を調節することにより、各分割ビームを照射面上でy方向にずらすことにより、図1(C)と同様のy方向の強度プロファイルとなり、上記の図9に示した強度分布に見られる干渉を一層小さくできる利点がある。

【0037】実施の形態3. この実施形態は、先の実施の形態2. の変形例であるが、図11に示すように、分割用シリンドリカルレンズアレイ5と転写用シリンドリカルレンズアレイ51との間に、光学的遅延手段2を配置して、レーザビーム断面で互いに隣り合った分割ビーム同士の照射面上での干渉を低減するものである。この実施形態は、フィールドレンズ63による重ね合わせの際の各分割ビームのずれを形成することによる干渉軽減と、光学的遅延による各分割ビーム間の干渉軽減との相乗の効果が働いて、干渉による強度分布の変動を一層低減することができる利点がある。

【0038】この実施形態では、光学的遅延手段2には、配列した複数の分割ビーム中で1つおきの分割ビームに、透光性の遅延板2を配置したものである。隣り合う分割ビームのいずれか一方のビームを遅延板に透過させることにより、隣り合う分割ビーム間に空間的可干渉距離以上の光路差を形成している。

【0039】レーザビームの時間的可干渉距離 $\Delta L$ は、 $\Delta L = c \Delta t \approx \lambda^2 / \Delta \lambda$

で与えられる。ここに、cは光速、 $\Delta t$ は可干渉時間、

$\Delta\lambda$ はレーザの波長幅（スペクトル幅）であり、レーザの波長幅が狭いほど、可干渉距離が長くなる。例示すれば、Nd:YAGレーザでは、中心波長の $\lambda=1.06\mu\text{m}$ のビームについてスペクトル幅 $\Delta\lambda=0.12\sim 0.30\text{nm}$ であるので、時間的可干渉距離 $\Delta L$ は、 $\Delta L=3.8\sim 9.4\text{mm}$ となる。

【0040】図10は、レーザビームの互いに隣接する領域から分割した2つの分割ビームの照射面におけるビジビリティと、分割ビームの間に設けた光路差 $\Delta a$ との関係を示しているが、光路差が時間的可干渉距離 $\Delta L$ であるときには、2つのビームによる干渉によるビジビリティは、 $1/e$ に低減し、分割ビームの間からの光路差をさらに大きくすることにより、ビジビリティは、さらに小さくすることができる。他方、遅延板2による光路差 $\Delta a$ は、遅延板の厚み $a$ と、遅延板材料の屈折率 $n_1$ 、空気の屈折率 $n_0$ から、 $\Delta a=a(n_1-n_0)/n_1$ で与えられる。

【0041】この実施形態では、遅延板として、屈折率 $n_1$ の光学ガラス板を上記の厚み $a$ にして利用することができ、遅延板による光路差 $\Delta a$ は、時間的可干渉距離 $\Delta L$ 以上に設定する（ $\Delta a\geq\Delta L$ ）。これらの式から、互いに隣接する分割ビーム間に時間的可干渉距離 $\Delta L$ 以上の光路差を与えるガラス厚み $a$ が求められる。遅延板の厚みは、好ましくは、遅延板により時間的可干渉距離 $\Delta L$ の2倍以上、さらに好ましくは、4倍以上の光路差を設けるように、設定される。

【0042】実施の形態4. さらに、以下には、均一化手段に、上記の分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して偏光方向を実質的に直交させる偏光手段を利用した例を示す。図12に示す例は、レーザ源からビーム拡大レンズ31の間にレーザビーム1に旋光板71を予め通過させ、分割用のシリンダリカルレンズアレイ5からy方向に分割した分割ビーム15a～15eには、旋光手段として、半波長板7が挿入されるが、半波長板7は、1つおきの分割ビーム15a、15c、15dに挿入され、他の分割ビーム15b、15dには、挿入しない。これにより、互いに互いに隣合う分割ビーム間（例えば、分割ビーム15aと15bの間、分割ビーム15bと15cとの間、あるいはその他の隣り合う分割ビーム間）では、偏光角度が実質的に直交して、照射面90上での干渉が抑えられ、重ね合わせた照射ビーム19の干渉による強度分布を均一化することができる。この例は、y方向に分割されてビーム1つおきに半波長板7が挿入されて、偏光した分割ビームを転写用レンズにより照射面90に照射するが、ここでは、フィールドレンズ63を調節して、各分割ビームを照射面上y方向にずらして重ね合わせることににより、分割ビーム間の干渉を防止するものである。照射面90上に、分割ビームをずらして照射した時の照射ビーム19

の強度分布を示すが、y方向の照射ビーム19の両端部では、強度分布が階段状に低減するけれども、両端部を除く主要な部分は、干渉の少ない均一な分布が得られる。

【0043】

【発明の効果】本発明のレーザビーム均一照射光学系は、レーザビーム分割手段が、上記の分割ビーム幅をレーザビーム断面における断面方向の空間的可干渉距離の $1/2$ 倍以上となし、且つ、重ね合せ照射手段が、各分割レーザビームを照射面上で互いにずらして転写して照射ビームを形成するので、照射面上で、互いに隣り合う分割レーザビーム同士の干渉を制限し、且つ結像をずらす極めて簡単な構成で、線状のプロフィルの両端部が段階状の強度分布を示すことを除いて、実質的に平坦で均一な強度分布を達成することができる。

【0044】上記のビーム分割幅を、空間的可干渉距離の $1/\sqrt{2}$ 倍以上とすれば、さらに干渉を制限することができる。

【0045】さらに、ビーム分割幅を、空間的可干渉距離の1倍以上とすれば、一層低減することができる。

【0046】上記のレーザビーム分割手段を、互いに対向する反射面を有する一次元方向の導波路を利用すれば、導波路による分割ビームの分割幅を空間的可干渉距離の $1/2$ 以上にして、且つ、結像をずらすことにより、分割ビーム間の相互の干渉を低減することができる。

【0047】上記のレーザビーム分割手段をレーザビームを一次元的に分割する分割用のシリンダリカルレンズアレイとすれば、シリンダリカルレンズアレイによる分割ビームの分割幅を空間的可干渉距離の $1/2$ 以上にして、且つ、結像をずらす個とにより、分割ビーム間の相互の干渉を低減することができる。

【0048】上記の光学系が、さらに、照射面上のビーム強度を均一にする均一化手段を含むようにすれば、干渉を一層軽減して、照射ビームの均一性を確保することができる。

【0049】上記の均一化手段を分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して時間的可干渉距離よりも長く遅延させる光学的遅延手段とすれば、ビーム間に時間的可干渉距離を越える遅延を設けて相互の干渉をおさえることができ、簡単な構成で、照射ビームの均一性を確保することができる。

【0050】上記の均一化手段が、上記の分割したビームの互いに隣接する分割ビームの一方を他方に対して偏光方向を実質的に直交させる偏光手段を含むようにすれば、分割ビーム間相互の干渉をおさえることができ、簡単な構成で、照射ビームの均一性を確保することができる。

【0051】レーザ源を、固体レーザ又は半導体レーザの基本波又は高調波とすれば、良質のレーザ光源を用い

て、照射面上に均質な強度分布の照射ビームを形成することができる。特に、高調波レーザーは、半導体層に吸収しやすい波長光を利用して、加熱効率を高めることができる利点がある。

【0052】照射面を基板上に形成された非晶質若しくは多結晶質の半導体膜であり、上記光学系が半導体膜アニリング用光学系とすれば、半導体膜の結晶化に有効に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の導波路を利用した実施形態に係るレーザービーム均一照射光学系の配置を示す図で、(A)は、y方向から見た図、(B)は、x方向から見た図、(C)は照射面のビームの強度分布を示す図。

【図2】 導波路におけるレーザービームの分割の態様を説明する図(A、B)。

【図3】 レーザビームの空間的可干渉距離sの定義を説明する図。

【図4】 導波路により分割した互いに隣接する2つの分割ビームを照射面上で重ね合わせたときの合成照射ビームの強度分布とビジビリティを示す図( $d=s$ のとき)。

【図5】 導波路により7つに分割した分割ビームを照射面上で重ね合わせたときの合成照射ビームの強度分布とビジビリティを示す図( $d=s$ のとき)。

【図6】 本発明の分割用シリンドリカルレンズアレイを利用した他の実施の形態に係るレーザービーム均一照射光学系の配置を示す図で、(A)はy方向から見た図、(B)はx方向から見た図をそれぞれ示す。

【図7】 分割用シリンドリカルレンズアレイにおける

レーザービームの分割の態様を説明する図(A、B)。

【図8】 分割用シリンドリカルレンズアレイにより分割した互いに隣接する2つの分割ビームを照射面上で重ね合わせたときの合成照射ビームの強度分布とビジビリティを示す図( $d=s$ のとき)。

【図9】 分割用シリンドリカルレンズアレイにより7つに分割した分割ビームを照射面上で重ね合わせたときの合成照射ビームの強度分布とビジビリティを示す図( $d=s$ のとき)。

【図10】 レーザビームの光路差とビジビリティとの関係を示す図。

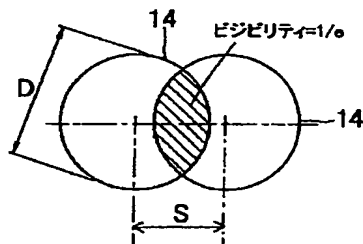
【図11】 本発明の分割用シリンドリカルレンズアレイと遅延板とを利用した他の実施の形態に係るレーザービーム均一照射光学系の配置を示す図で、(A)はy方向から見た図、(B)はx方向から見た図をそれぞれ示す。

【図12】 本発明の分割用シリンドリカルレンズアレイと旋光板とを利用した他の実施の形態に係るレーザービーム均一照射光学系の配置を示す図で、x方向から見た図である。

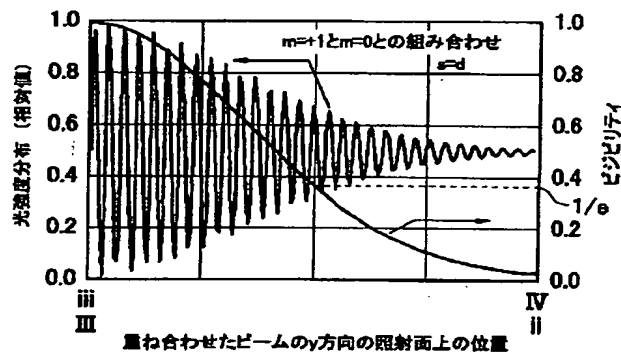
【符号の説明】

1 レーザビーム、19 照射ビーム、2 遅延板、21 遅延板、29 遮蔽体、31 ビーム拡大レンズ、32 y方向コリメートレンズ、33 x方向コリメートレンズ、34 集光レンズ、4 導波路、41 反射面、42 反射面、5 分割用シリンドリカルレンズアレイ、51 転写用シリンドリカルレンズアレイ、61 転写レンズ、62 集光レンズ、7 旋光板、90 照射面、9 照射体。

【図3】

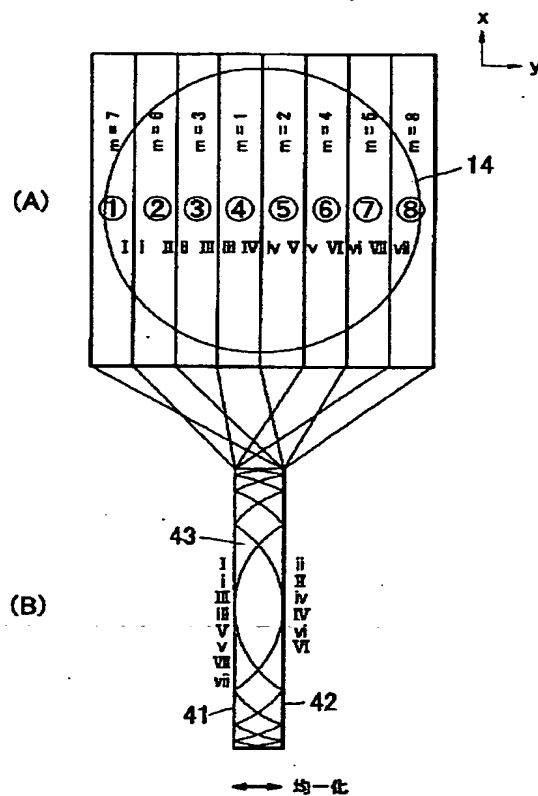


【図4】

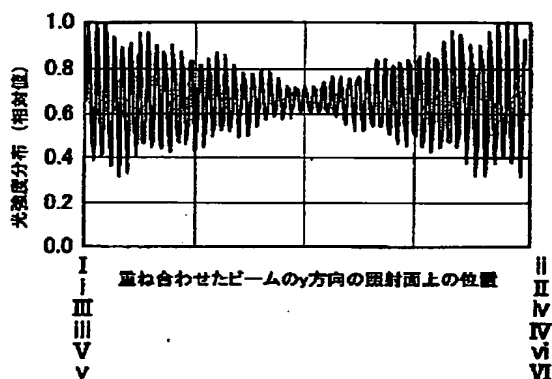




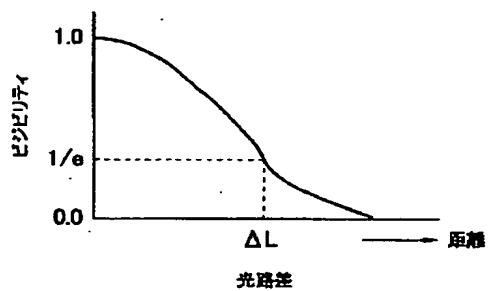
【図 2】



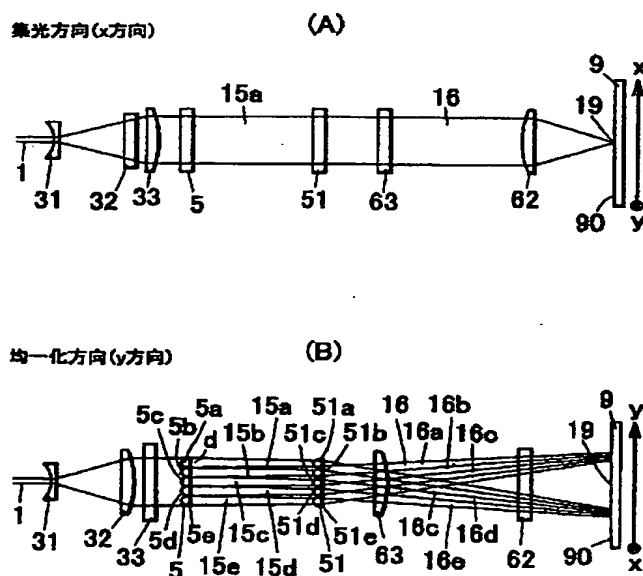
【図 5】



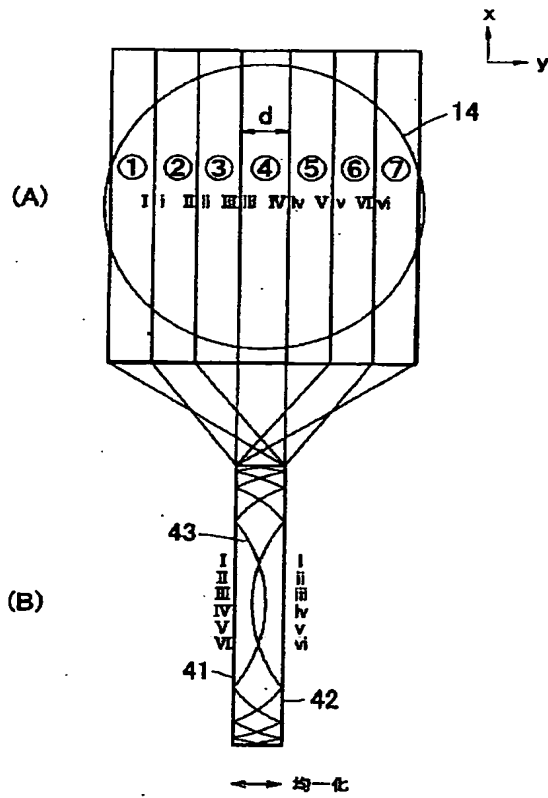
【図 10】



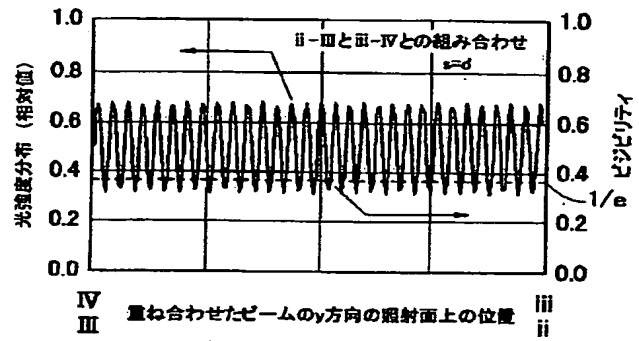
【図 6】



【図 7】



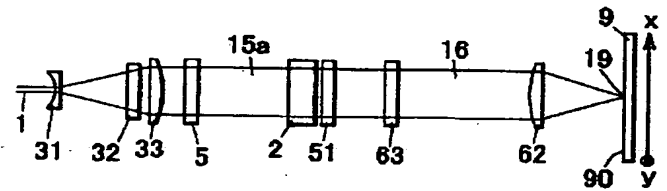
【図 8】



【図 11】

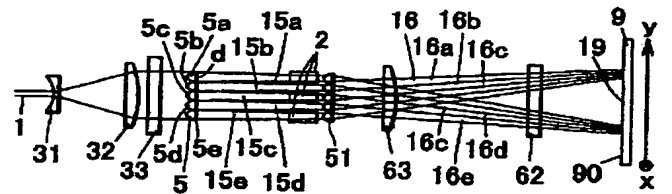
集光方向(x方向)

(A)

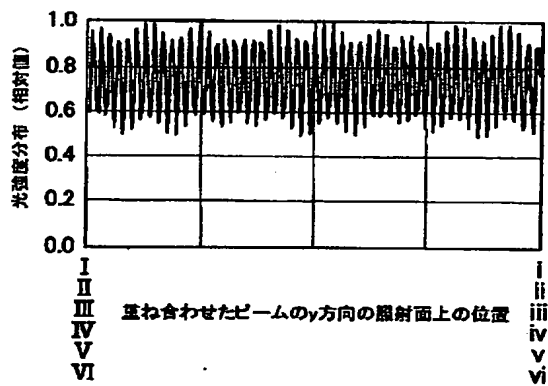


均一化方向(y方向)

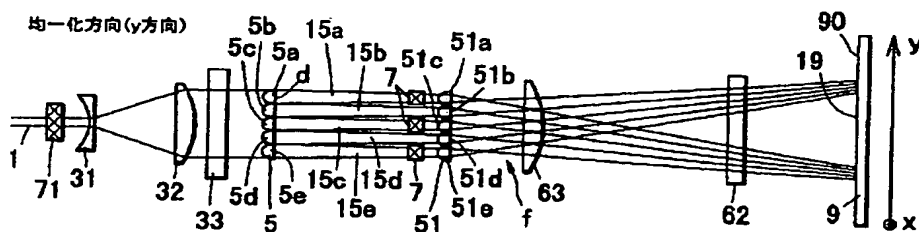
(B)



【図 9】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 森川 和敏  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 佐藤 行雄  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 西前 順一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 小川 哲也  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**